

# PEMODELAN ALIRAN *DEBRIS FLOW* UNTUK ANALISIS POTENSI LONGSORAN STUDI KASUS: PEGUNUNGAN FISHHWAK, CALIFORNIA

**Rustan<sup>1</sup>, Acep Purqon<sup>1</sup>**

1. Prodi Fisika, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganeca No. 10 Bandung

E-mail: rustankabaro@yahoo.com

E-mail: acep.purqon@gmail.com

## Abstrak

*Aliran debris (debris flow) merupakan aliran yang terdiri dari campuran material halus berukuran kecil (clay, lumpur, pasir) sampai material berukuran kasar (kerikil, bongkahan bebatuan) dengan sejumlah volume air. Material debris flow mengalir dengan volume besar dan kecepatan tinggi menghasilkan momentum yang bisa menyebabkan kerusakan infrastruktur, lingkungan, bahkan korban jiwa. Interaksi fisis antara campuran air dan material debris melibatkan interaksi yang sangat kompleks membuat mekanisme transport aliran debris sulit untuk dikaji menggunakan pendekatan numerik. Prediksi distribusi aliran debris dapat dilakukan menggunakan pendekatan statistik empirik. Pendekatan ini dengan menghubungkan parameter volume debris flow dengan luas genangan yang akan dihasilkan. Analisis menggunakan pendekatan statistik empirik didukung oleh data spasial dapat dijalankan menggunakan perangkat lunak DFLOWZ. Parameter input dalam DFLOWZ yaitu data digital ketinggian (DEM), data polyline, dan volume debris flow. DFLOWZ berhasil diterapkan pada debris flow di pegunungan Alpen, Italia. Pada penelitian ini, DFLOWZ diaplikasikan di salah satu daerah yang pernah terjadi debris flow di wilayah California, Amerika Serikat. Didapatkan luas genangan debris flow sebesar 285.447 m<sup>2</sup>.*

*Kata kunci: debris flow, pemodelan, DFLOWZ*

## Abstract

*[Modelling of Debris Flow for Landslides Vulnerability Analysis. Case Study: Fishhawk Mountain, California] Debris flows are mass movement consisting of a mixture of a small soft materials (clay, silt, sand) up to large-sized coarse materials (gravels, boulders) with a volume of water. Debris flows move rapidly and high velocity result big momentum that can cause damage to infrastructure, negative impacts on environment, and severe loss of life. Physics interaction between mixture of water and debris material involve complex interaction that make mechanism of debris flow transport difficult to analysis by numeric approach. Prediction of distribution debris flow prediction of distribution of debris flow material can use empirical-statistical method. This approximation do by connecting volume parameter and inundated area of debris flow that will be resulted. Analysis using statistics empiric approach and support with spasial data can be process in software DFLOWZ. Input parameter on DFLOWZ are digital elevation model (DEM), polyline data, and volume debris flow. DFLOWZ applicable at debris flow in Alpen Mountain, Italia. In this research, DFLOWZ will be applied in Fishhwak Mountain California in United States. Results shows inundation area is 285.447 m<sup>2</sup>.*

*Keywords: debris flow, modelling, DFLOWZ*

## PENDAHULUAN

Salah satu fenomena sistem kompleks yang secara nyata dapat disaksikan adalah bencana alam aliran debris (*debris flow*). Debris flow merujuk pada percampuran material klastis yang termasuk batuan besar dan kayu (Julien dan Leon). Makna lainnya mendefinisikan debris flow sebagai aliran sedimen dan percampuran air yang menyerupai bentuk aliran kontinu dan dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Takahashi, 2007). *Debris flow* bergerak dengan sangat cepat dan biasanya terjadi di daerah yang berlereng

curam dimana runtuhannya berpeluang terjadi dan intensitas hujan di daerah tersebut tinggi. *Debris flow* bisa juga terkombinasi dengan jatuhnya salju sehingga konsentrasi alirannya semakin tinggi. Aliran debris flow biasanya terdeposit di area *fan*, lokasi dimana sudut kemiringan menurun secara progressif (Berti dan Simoni, 2013). Di Indonesia, debris flow dikenal dengan banjir bandang.

Bencana Debris flow sudah sering terjadidi berbagai Negara belahan dunia dan menyebabkan

jatuhnya korban jiwa manusia, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan. Pada Agustus 1952, debris flow terjadi di Inggris dan menyebabkan 39 orang meninggal dunia (Skermer dan Fandy, 2005). Selanjutnya, pada tahun 1993, di Sungai Paule, di sekitar Kota Cuenca Ekuador terjadi bencana debris flow dan peristiwa ini dikenal sebagai bencana “La Josefina”. Ayala dkk. (1994), menyatakan bahwa ada 4 kejadian besar yang berkaitan dengan debris flow di Chile pada periode 1087 dan 1993. Peristiwa ini menyebabkan kefatalan besar dan menyebabkan kerugian materil hingga US\$10 Juta (Martinez dan Lopez, 2005).

Kondisi alam Indonesia yang juga merupakan daerah pegunungan dengan kemiringan lereng landai hingga terjal secara otomatis tak bisa lepas dari berbagai bencana. Sebagian besar daerah di Indonesia adalah daerah yang rawan akan bencana alam. Berdasarkan data kejadian longsor dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dalam satu dekade terakhir dari tahun 2004 hingga tahun 2014 tercatat telah terjadi bencana longsor di 360 lokasi, tersebar di beberapa provinsi dan menyebabkan 1.113 korban jiwa (BNPB, 2015). *Bencana Banjir dan tanah longsor ini, tentu saja bisa berpotensi menyebabkan bencana debris flow.*

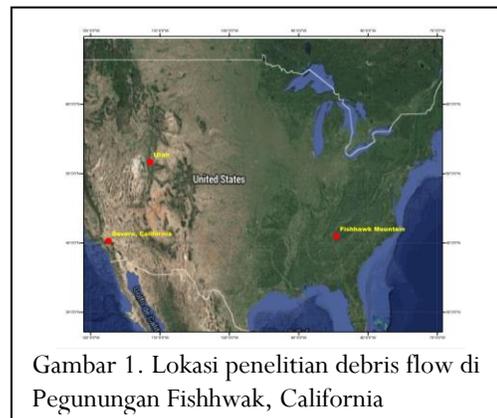
Salah satu perangkat lunak yang bisa digunakan untuk mempelajari *runout* dari debris flow khususnya luas daerah genangan *debris flow* adalah DFLOWZ dan telah sukses diujikan pada aliran debris di Pegunungan Alpen Italia (Matteo & Simoni, 2007). Output dari program ini bisa digunakan sebagai prediksi awal dari daerah yang berpotensi terkena aliran debris. Program ini juga mampu menganalisis ke mana arah aliran debris flow, luas daerah yang berpotensi tergenang endapan debris flow, yang sering diistilahkan sebagai daerah planimetrik (*planimetric area*) debris flow. Meski modelnya didasarkan pada hubungan skala empirik yang tidak mendeskripsikan dinamika kompleks debris flow, output dari program ini bisa sangat berarti ketika tidak ada lagi metode numerik yang bisa digunakan atau ketika dibutuhkan data awal yang diperlukan untuk menganalisis bencana. *Interface user* dari DFLOWZ sangat sederhana dan *friendly user* namun bisa merepresentasikan hasil. Pengguna bisa dengan mudah menunjukkan analisis untuk melihat parameter mana yang paling berpengaruh pada daerah yang berpotensi tergenang. Keunggulan dari

DFLOWZ adalah mampu mengevaluasi pengaruh dari modifikasi DEM pada zona yang terkena debris flow dengan cepat. Program DFLOWZ memiliki banyak sekali kelebihan dan keunggulan serta tidak membutuhkan input parameter yang banyak.

Di luar negeri, program ini sudah digunakan untuk mempelajari tingkah laku debris flow. Di Indonesia, belum ada penelitian dan publikasi mengenai penggunaan DFLOWZ, padahal mempelajari, memahami, dan menganalisis akan bahaya bencana debris flow ini sangat penting dilakukan di Indonesia. Hal ini memang disebabkan belum adanya data dem di Indonesia yang memiliki resolusi tinggi. Oleh sebab itu, sebagai langkah awal pembelajaran, lokasi yang dianalisis adalah Pegunungan Fishhawk, California, Amerika Serikat. Setelah analisis prediksi di Pegunungan Fishhawk dapat dinyatakan akurat, maka pemodelan ini dapat diterapkan di Indonesia jika data input yang dibutuhkan dapat dipenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daerah-daerah yang berpotensi menjadi genangan debris flow dengan menggunakan program DFLOWZ di Fishhawk California Amerika Serikat.

## METODE PENELITIAN

Lokasi yang menjadi daerah penelitian adalah salah satu daerah di wilayah Pegunungan Fishhawk, Amerika Serikat yaitu Devore, ditunjukkan pada Gambar 1.

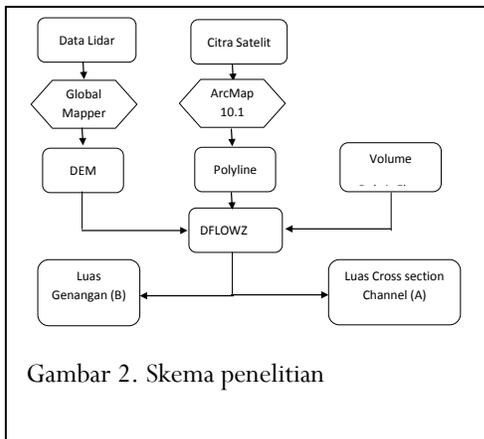


Gambar 1. Lokasi penelitian debris flow di Pegunungan Fishhawk, California

Untuk memprediksi daerah yang berpotensi menjadi genangan aliran debris apabila suatu bukit mengalami longsor, digunakan perangkat lunak DFLOWZ. DFLOWZ pertama kali diusulkan oleh Berti dan Simon (2014). Program DFLOWZ

merupakan hasil modifikasi dari metode LAHARZ untuk simulasi aliran lahar oleh Iverson dan Schilling (1998). DFLOWZ menambahkan algoritma untuk analisis aliran yang mengalir keluar channel (*unconfined flow*) yang tidak disertakan pada metode LAHARZ. DFLOWZ dapat didownload di alamat situs <http://137.204.103.162/geoappl/dflowz/dflowz.htm>.

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data *Digital Elevation Model* (DEM) dan *polyline*. Data DEM yang diinput pada program DFLOWZ harus dalam bentuk file ASCII Grid yang berekstensi .asc dan data garis (*polyline*) dalam bentuk file yang berekstensi .shp. Data DEM diturunkan dari data Lidar yang didapatkan secara online melalui situs <http://www.earthexplorer.usgs.gov>. Adapun daerah yang menjadi lokasi penelitian adalah wilayah Amerika Serikat. Hal ini dikarenakan karena belum tersedianya data LIDAR untuk wilayah Indonesia. Pembuatan DEM dilakukan dengan mengkonversi data LIDAR menggunakan perangkat lunak Global Mapper. DEM yang telah dibuat selanjutnya diekspor ke dalam format ascii grid dengan ekstensi .asc. Pembuatan *polyline* dilakukan dengan cara digitasi citra resolusi menggunakan perangkat lunak ArcMap. Jalur yang dianggap sebagai saluran *debris flow* pada citra akan didigitasi membentuk garis tunggal, selanjutnya disimpan dalam bentuk file berekstensi .shp. Skema penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

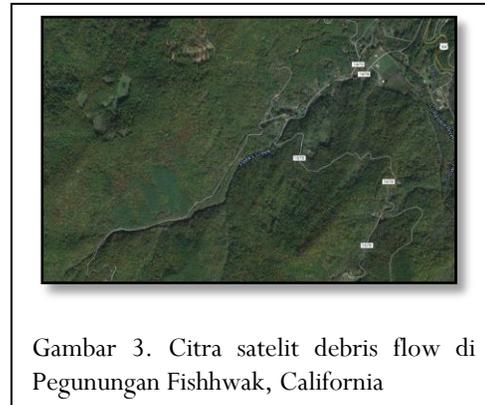


Gambar 2. Skema penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

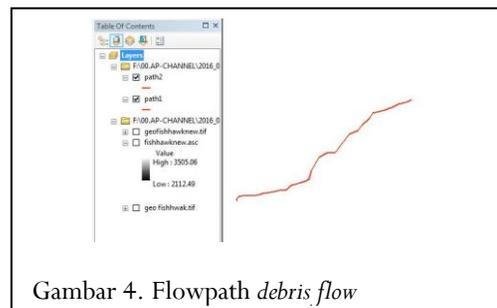
Citra satelit lokasi penelitian yang telah diunduh akan digunakan untuk proses identifikasi *flowpath* dari *debris flow*. *Flowpath* ini biasanya ditandai dengan garis memanjang pada lereng gunung dengan

vegetasi yang lebih jarang dibandingkan sekitarnya. Identifikasi *flowpath* ini sangat penting karena aliran material *debris flow* mengikuti *flowpath* tersebut. Citra satelit tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam perangkat lunak ArcMap 10.1 untuk dilakukan proses georeferensing dan digitasi *flowpath* sehingga dihasilkan file *polyline* (garis) dengan ekstensi .shp.



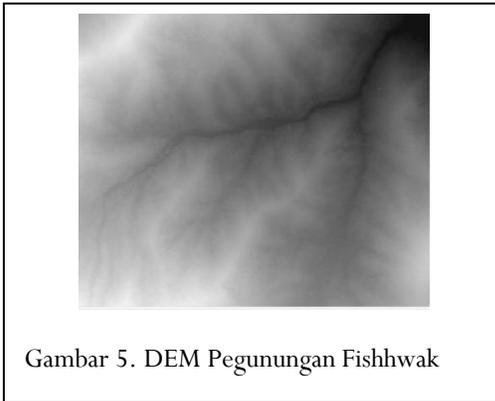
Gambar 3. Citra satelit debris flow di Pegunungan Fishhawk, California

Meskipun pada citra satelit tampak ada beberapa *flowpath*, namun pada penelitian ini hanya satu *flowpath* yang dipilih untuk didigitasi. Hasil dari digitasi *flowpath* dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Flowpath debris flow

Data titik-titik ketinggian yang telah diolah menggunakan perangkat lunak global mapper akan menghasilkan DEM dalam bentuk ASCII Grid, berupa citra hitam putih seperti pada gambar 5:



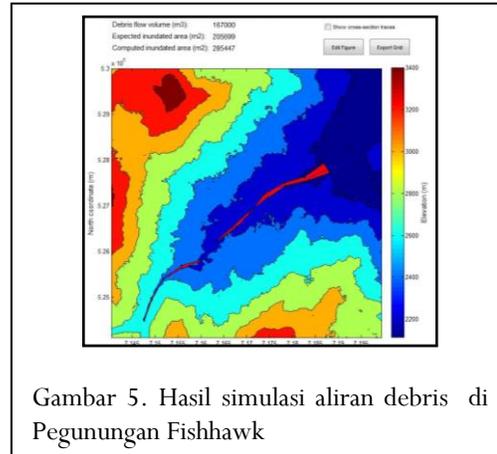
Gambar 5. DEM Pegunungan Fishhawk

DEM tersebut berupa citra hitam putih dimana warna hitam menunjukkan elevasi paling rendah dan warna putih yang menunjukkan elevasi paling tinggi. Tampak bahwa *flowpath* pada DEM tersebut ditandai dengan garis memanjang warna hitam. DEM Fishhawk Mountain terdiri dari 323 baris dan 289 kolom data-data titik ketinggian dengan ukuran sel 1.8 meter. Ukuran sel pada DEM menunjukkan resolusi dari DEM tersebut, makin kecil ukuran sel maka semakin tinggi resolusi DEM yang dihasilkan. Ukuran sel 1 m – 3 m termasuk data DEM bersolusi tinggi yang cocok menjadi input pada perangkat lunak DFLOWZ.

Debris flow di pegunungan Fishhawk terjadi pada tanggal 16 September 2004. Sebuah longsor di lereng gunung Fishhawk yang dipicu oleh badai hurricane, terjadi pada ketinggian (elevasi) 4.420 meter. Longsoran tersebut kemudian bercampur dengan air dan mengalir sebagai debris flow dan mulai terdeposit pada ketinggian 2600 meter sehingga pada akhirnya berhenti pada ketinggian 2000 meter. Estimasi volume kumulatif debris flow yang sampai di apex adalah sebesar 167.000 m<sup>3</sup>. Hasil simulasi ditunjukkan oleh gambar 6 dengan menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter DFLOWZ

Parameter	Nilai
Volume	167.000 m <sup>3</sup>
V-A Relation	-30 %
V-B Relation	+90 %
Jumlah section	12 buah



Gambar 5. Hasil simulasi aliran debris di Pegunungan Fishhawk

Volume akumulatif debris flow yang sampai di apex sebesar 167.000 m<sup>3</sup> secara teori akan menyebabkan genangan deposit seluas 205.699 m<sup>2</sup>. Namun dari hasil simulasi menunjukkan luas genangan deposit yang lebih besar yaitu 285.447 m<sup>2</sup>.

### KESIMPULAN

Perangkat lunak DFLOWZ menggunakan pendekatan statistik, dapat menghasilkan hasil simulasi debris flow di berbagai wilayah yang memiliki topografi dan jenis tanah yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan program ini dilengkapi dengan nilai faktor ketidakpastian untuk menampung sifat-sifat debris flow yang sedikit menyipang dari garis regresi persamaan empirik yang digunakan oleh DFLOWZ.

### DAFTAR PUSTAKA

Berti, M. dan A. Simoni (2007). "Prediction of debris flow inundation areas using empirical mobility relationships". Dalam: *Geomorphology* 90, hal. 144-161.

Berti, M. dan A. Simoni (2014). "DFLOWZ: A free program to evaluate the area potentially inundated by a debris flow". Dalam: *Computers & Geosciences* 67, hal. 14–23.

Blasio, F.V.D. (2011). "Introduction to the Physics of Landslides". *Lecture Notes on the Dynamics of Mass Wasting*. Springer.

Simoni, A., M. Mammoliti, M. Berti (2011). "Uncertainty of debris flow mobility relationships

and its influence on the prediction of inundated areas". Dalam: *Geomorphology* 132, hal. 249-259.

Takahashi, T. (2007). "Debris flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures". Taylor & Francis, Netherlands.

Varnes, D.J. (1978). "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice". Dalam: *United Nations Educational*.